

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-18023

(P2003-18023A)

(43)公開日 平成15年1月17日(2003.1.17)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース*(参考)

H 0 3 M 13/45

H 0 3 M 13/45

5 J 0 6 0

H 0 4 B 10/04

H 0 4 L 1/00

B 5 K 0 0 2

10/06

H 0 4 B 9/00

Y 5 K 0 1 4

10/14

10/26

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-200392(P2001-200392)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22)出願日 平成13年7月2日(2001.7.2)

(72)発明者 田中 宏明

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株

式会社内

(72)発明者 野村 健一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株

式会社内

(74)代理人 100079164

弁理士 高橋 勇

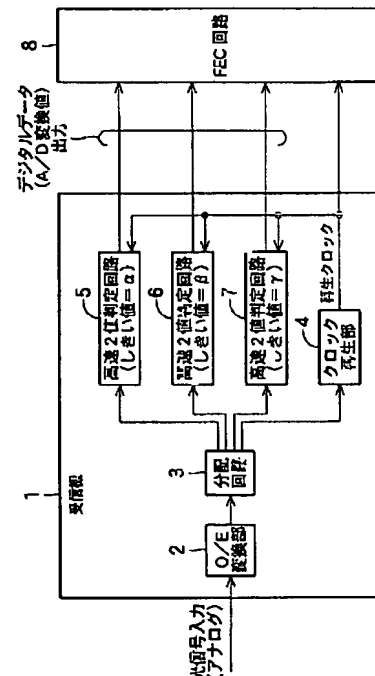
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 軟判定誤り訂正用光受信機

(57)【要約】

【課題】 2値判定回路を複数配置し、受信信号を異なるしきい値を有する複数の2値判定回路で同時に判定することで、A/D変換動作を高速に行なえるようにした軟判定誤り訂正用光受信機を提供する。

【解決手段】 受信した光信号をO/E(光-電気)変換部2で電気信号に変換し、分配回路3を介してクロック再生部4及び各2値判定回路5、6、7へ供給する。クロック再生部4は、受信信号からクロック成分を抽出し、再生クロックを出力する。各2値判定回路5、6、7にはそれぞれ異なるしきい値 α 、 β 、 γ が設定されている。各2値判定回路5、6、7は、生成クロックに同期して受信信号の2値判定を行ないその判定結果を出力する。判定結果(A/D変換値)はFEC(Forward Error Correction)回路8に供給され、受信信号の軟判定誤り訂正処理がなされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号を電気信号に変換する光-電気変換部と、この光-電気変換部から出力される電気信号が供給される $2^n - 1$ 個 (n は2以上の整数)の2値判定回路とを備え、前記 $2^n - 1$ 個の2値判定回路はそれぞれ異なるしきい値が設定されていることを特徴とする軟判定誤り訂正用光受信機。

【請求項2】 光信号を電気信号に変換する光-電気変換部と、それぞれ異なるしきい値が設定された $2^n - 1$ 個 (n は2以上の整数)の2値判定回路と、前記光-電気変換部の出力信号を前記 $2^n - 1$ 個の2値判定回路へそれぞれ分配する分配回路とを備えたことを特徴とする軟判定誤り訂正用光受信機。

【請求項3】 光信号を電気信号に変換する光-電気変換部と、この光-電気変換部から出力される電気信号が供給されるとともにそれぞれ異なるしきい値が設定された $2^n - 1$ 個 (n は2以上の整数)の2値判定回路と、前記光-電気変換部の出力信号に基づいて前記光信号に含まれているクロック信号を再生するクロック再生部とを備えたことを特徴とする軟判定誤り訂正用光受信機。

【請求項4】 前記2値判定回路は、前記クロック再生部で再生されたクロック信号に同期して2値判定及びその判定結果の出力を行なうことを特徴とする請求項3記載の軟判定誤り訂正用光受信機。

【請求項5】 光信号を電気信号に変換する光-電気変換部と、この光-電気変換部から出力される電気信号が供給されるとともにそれぞれ異なるしきい値が設定された $2^n - 1$ 個 (n は2以上の整数)の2値判定回路と、前記 $2^n - 1$ 個の2値判定回路の各出力信号を入力としそれを並列 n ビットデジタル出力へ変換するフォーマット変換部とを備えたことを特徴とする軟判定誤り訂正用光受信機。

【請求項6】 光信号を電気信号に変換する光-電気変換部と、この光-電気変換部から出力される電気信号が供給されるとともにそれぞれ異なるしきい値が設定された $2^n - 1$ 個 (n は2以上の整数)の2値判定回路と、前記光-電気変換部の出力信号に基づいて前記光信号に含まれているクロック信号を再生するクロック再生部と、前記 $2^n - 1$ 個の2値判定回路の各出力信号を入力としそれを並列 n ビットデジタル出力へ変換するフォーマット変換部とを備え、前記2値判定回路は前記クロック再生部で再生されたクロック信号に同期して2値判定及びその判定結果の出力を行なうことを特徴とする軟判定誤り訂正用光受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は軟判定誤り訂正用光受信機に係り、詳しくは、2値判定回路を複数配置し、受信信号を異なるしきい値を有する複数の2値判定回路で同時に判定することで、A/D変換動作を高速に行な

えるようにした軟判定誤り訂正用光受信機に関する。

【0002】

【従来の技術】衛星通信や衛星放送、光通信などの多くのデジタル伝送システムでは、伝送距離の拡大、送信電力の削減、システムマージンの確保、伝送品質の向上等のため、誤り訂正符号を導入している。誤り訂正方式には、受信信号を「0」、「1」の2値に識別したデータを基に訂正処理を行なう硬判定方式と、受信信号を 2^n レベルに識別したデータを基に訂正処理を行なう軟判定方式 (n ビット軟判定方式, $n \geq 2$) とがある。同一の符号や同一の冗長率を用いた場合でも、軟判定方式は硬判定方式と比較して訂正ゲインが高い利点を有する。

【0003】図8は一般的な硬判定用光受信機のブロック構成及びその判定動作を示す図であり、図8(a)はブロック構成を、図8(b)は受信波形(アイパターン)としきい値及び判定出力の関係を示している。一般的な硬判定用光受信機101は、光信号入力を電気信号へ変換するO/Eコンバータ(光-電気変換部)102と、2値判定回路103とを備える。2値判定回路103は、図8(b)に示すように、受信した信号のレベルが設定されたしきい値よりも低ければ「0」、高ければ「1」の判定を行なう。判定のしきい値は一般的に信号振幅の中間値に設定される。2値判定回路103から出力されたデジタルデータ出力はFEC(Forward Error Correction)回路104に供給され、このFEC回路104で訂正処理がなされる。

【0004】図9は一般的な軟判定用光受信機のブロック構成及びその判定動作を示す図であり、図9(a)はブロック構成を、図9(b)は受信波形(アイパターン)としきい値及び判定出力の関係を示している。一般的な軟判定用光受信機201は、光信号入力を電気信号へ変換するO/Eコンバータ(光-電気変換部)202と、 2^2 値判定回路203とを備える。 2^2 値判定回路203は、図9(b)に示すように、受信した信号のレベルが 2^n 段階に分割されたレベルのどこかを識別する。なお、図9は $n=2$ の例を示している。 2^2 値判定回路203から出力されたデジタルデータ出力はFEC(Forward Error Correction)回路204に供給され、このFEC回路204で訂正処理がなされる。このように、軟判定方式では、O/E変換後に n ビットのA/D(Analog/Digital)変換と等価な処理を行なうことで、受信した信号レベルが 2^n 段階に分割されたレベルのどこかを識別し、そのデータから誤り訂正を行なう。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】光通信の分野においては、判定回路でGbit/sオーダーの高速信号を処理する必要がある。図8(a)に示した2値判定回路103は高速信号を処理できるものが既に実用化されているが、図9に示す 2^n 値判定回路(2^2 値判定回路)20

3は高速のA/D変換動作が困難であることから実現されていない。

【0006】前述のように軟判定方式は、衛星通信などの比較的低速のアプリケーションでは既に実用化されているが、光通信の分野では例えばGb/sオーダーの高速信号を 2^n レベルに識別するというA/D変換動作が困難であるため、一般的に硬判定方式が採用されている。海底ケーブルなどの長距離高速光伝送システムでは、冗長ビット付加によるビットレートの上昇率を低く抑えることができ、且つ強力な訂正能力を持つ符号化方式が望まれている。よって、軟判定方式に対応する光受信機の実現は今後重要な課題となることが予想される。

【0007】

【発明の目的】本発明はこのような課題を解決するためなされたもので、しきい値の異なる2値判定回路を複数並列に配置することで高速なA/D変換動作を可能にした軟判定誤り訂正用光受信機を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため本発明に係る軟判定誤り訂正用光受信機は、光信号を電気信号に変換する光-電気変換部と、この光-電気変換部から出力される電気信号が供給される $2^n - 1$ 個（ n は2以上の整数）の2値判定回路とを備え、 $2^n - 1$ 個の2値判定回路はそれぞれ異なるしきい値が設定されていることを特徴とする。

【0009】光-電気変換部の出力信号を $2^n - 1$ 個の2値判定回路へそれぞれ供給し、それぞれ異なるしきい値と比較することで n ビットの分解能を有するデジタルデータを得ることができる。量子化レベルに対応した数（ $2^n - 1$ 個）の2値判定回路を並列に配置し、光-電気変換部の出力信号（アナログ入力信号）と各量子化レベルに対応したしきい値とを同時に比較することで、高速なA/D変換動作がなされる。これにより、例えばGb/sオーダーの高速信号を 2^n レベルに識別するというA/D変換動作が実現でき、そのA/D変換データに基づいて軟判定誤り訂正が可能となる。

【0010】なお、光-電気変換部と各2値判定回路との間に分配回路を設け、光-電気変換部の出力信号を分配回路を介して各2値判定回路へ供給する構成としてもよい。これにより、複数の2値判定回路に対して光-電気変換部の出力信号を確実に供給することができる。

【0011】また、光-電気変換部の出力信号に基づいて前記光信号に含まれているクロック信号を再生するクロック再生部を備え、このクロック再生部で生成したクロック信号を各2値判定回路へ供給し、各2値判定回路はクロック信号に同期して2値判定及び判定結果の出力を行なうようにしてもよい。これにより、A/D変換の動作タイミングを適切なものとすることができる。

【0012】さらに、 $2^n - 1$ 個の2値判定回路の各出力信号を入力としそれを並列 n ビットデジタル出力へ変換するフォーマット変換部（デコード回路）を設けることで、異なる入力フォーマットの軟判定誤り訂正回路にも適用することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る2ビット軟判定誤り訂正用光受信機のプロック構成図である。図1に示す2ビット軟判定誤り訂正用光受信機（受信機）1は、光信号を受信し電気信号に変換するO/E変換部（光-電気変換部）2と、このO/E変換部2の出力信号を4系統に分配する分配回路3と、受信信号からクロックを再生するクロック再生部4と、高速2値判定を行なう3個の高速2値判定回路5、6、7とから構成される。

【0014】O/E変換部2の出力は分配回路3の投入到に供給される。分配回路3の各分配出力はクロック再生部4及び各高速2値判定回路5、6、7の信号入力端子にそれぞれ供給される。クロック再生部4から出力される再生クロックは各高速2値判定回路5、6、7のクロック入力端子へそれぞれ供給される。各高速2値判定回路5、6、7の各出力（3ビットパラレル出力）が本受信機1の出力となり、この出力はFEC回路8に供給される。

【0015】伝送されてきた光信号はO/E変換部2で受信され、O/E変換（光-電気変換）される。変換された電気信号は分配回路3によって4分岐され、クロック再生部4と各高速2値判定回路5、6、7に同一信号が分配される。クロック再生部4は電気信号からクロック成分を抽出し、再生クロックを生成して出力する。各高速2値判定回路5、6、7は、分配回路3を介して供給された電気信号を再生クロックに同期して2値判定し、判定結果を出力する。

【0016】各高速2値判定回路5、6、7は、一般的な硬判定方式で適用されている高速2値判定回路を用いる。各高速2値判定回路5、6、7は、それぞれに設定されたしきい値に基づいて受信信号が「0」か「1」かを判定する。

【0017】図2は各高速2値判定回路のしきい値設定と受信波形との関係を示す図、図3は受信信号レベルと出力されるデジタルデータとの関係を示す図である。判定のためのしきい値は、信号の「High」レベルから「Low」レベルに亘って段階的に設定する。第1の高速2値判定回路5のしきい値を α 、第2の高速2値判定回路6のしきい値を β 、第3の高速2値判定回路7のしきい値を γ とすれば、「Low」レベル $< \gamma < \beta < \alpha < \text{「High」}$ レベルの関係が成り立つ。このように各しきい値を設定することで、受信信号が図2中のレベル1、レベル2、レベル3、レベル4にある場合、各高速2値判定回路5、6、7の出力は図3に示すようにな

る。

【0018】各高速2値判定回路5, 6, 7の出力を光受信機1の3ビットパラレル出力とすれば、レベル1は「111」、レベル2は「011」、レベル3は「001」、レベル4は「000」となる。すなわち、4レベルに対応したデジタルデータ値(A/D変換値)が出力される。よって、2ビット(4値)のA/D変換と等価な処理結果が得られる。

【0019】そして、光受信機1のデジタルデータ(A/D変換値)出力及び再生クロック出力を後段のFEC回路8に供給することで、軟判定の誤り訂正処理が可能となる。

【0020】図4は本発明に係るnビット軟判定誤り訂正用受信機のブロック構成図、図5各高速2値判定回路のしきい値設定と受信波形との関係を示す図である。図4に示すnビット軟判定誤り訂正用光受信機(受信機)10は、O/E変換部2と、分配回路13と、クロック再生部4と、 $(2^n - 1)$ 個の高速2値判定回路5[1]~5[$2^n - 1$]とからなる。

【0021】図1では2ビット軟判定の例を示したが、図4に示す通りnビット軟判定(2^n レベルに識別)の場合にも、判定回路を $(2^n - 1)$ 個用いることで実現可能となる。nを大きくすれば回路規模は増大するが、識別レベルは図5に示すように細分化されるため、後段のFEC回路18においてより強力な誤り訂正が可能となる。

【0022】図6は本発明に係る他の2ビット軟判定誤り訂正用光受信機のブロック構成図、図7はフォーマット変換部のデータ変換動作を示す図である。図6に示す2ビット軟判定誤り訂正用光受信機20は、図1に示した2ビット軟判定誤り訂正用光受信機1にフォーマット変換部(デコード回路)21を追加したものである。

【0023】FEC回路28の入力フォーマットが、図2に示したレベル1のとき「11」、レベル2のとき「10」、レベル3のとき「01」、レベル4のとき「00」だとすれば、図1に示した受信機1の出力をそのまま図4に示したFEC回路28へ供給しても正常に動作しない。このような場合は、図6に示すように、受信機20の最終出力段にフォーマット変換部21を設け、FEC回路28との整合をとる。ここで、フォーマット変換部21は、図7に示すデータ変換を行なう。

【0024】このように、複数の2値判定回路の出力は $(2^n - 1)$ ビットのパラレル信号であるが、フォーマット変換部21によって $(2^n - 1)$ ビットのパラレル信号をnビットのデータ信号に変換することで、受信機20の出力端子数を少なくできるとともに、受信機20

とFEC回路28間の接続も容易となる。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る軟判定誤り訂正用光受信機は、しきい値の異なる2値判定回路を複数用いることで高速A/D変換動作と等価な処理が可能となる。よって、Gb/sオーダーの光通信などの高速アプリケーションにおいて、軟判定の誤り訂正符号化方式の導入が可能となり、硬判定方式と比較して同ビットレート、同符号を用いて場合でも、より高い訂正ゲインを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る2ビット軟判定誤り訂正用光受信機のブロック構成図である。

【図2】図1に示す2ビット軟判定誤り訂正用光受信機において高速2値判定回路のしきい値設定と受信波形との関係を示す図である。

【図3】図1に示す2ビット軟判定誤り訂正用光受信機において受信信号レベルと出力されるデジタルデータとの関係を示す図である。

【図4】本発明に係るnビット軟判定誤り訂正用受信機のブロック構成図である。

【図5】図4に示すnビット軟判定誤り訂正用受信機において高速2値判定回路のしきい値設定と受信波形との関係を示す図である。

【図6】本発明に係る他の2ビット軟判定誤り訂正用光受信機のブロック構成図である。

【図7】図6に示す2ビット軟判定誤り訂正用光受信機のフォーマット変換部のデータ変換動作を示す図である。

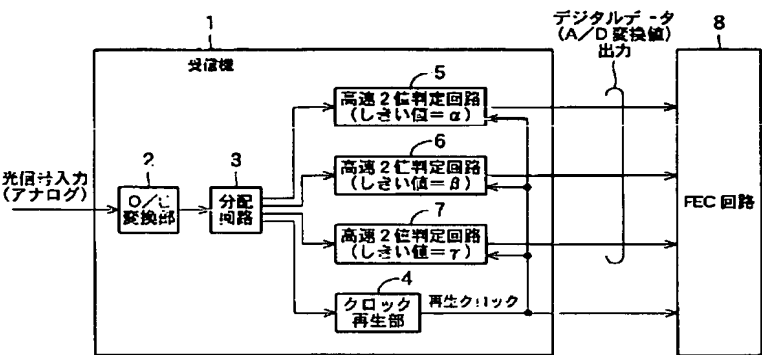
【図8】一般的な硬判定用光受信機のブロック構成及びその判定動作を示す図であり、(a)はブロック構成図、(b)は受信波形(アイパターン)としきい値及び判定出力の関係を示す図である。

【図9】一般的な軟判定用光受信機のブロック構成及びその判定動作を示す図であり、(a)はブロック構成図、(b)は受信波形(アイパターン)としきい値及び判定出力の関係を示す図である。

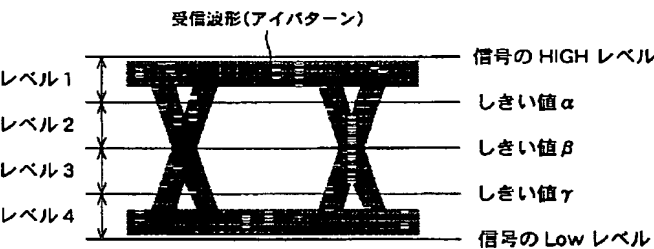
【符号の説明】

- 1, 10, 20 軟判定誤り訂正用光受信機(受信機)
- 2 O/E変換部(光-電気変換部)
- 3, 13 分配回路
- 4 クロック再生部
- 5, 5[1]~5[$2^n - 1$], 6, 7 高速2値判定回路(2値判定回路)
- 8, 18, 28 FEC回路
- 21 フォーマット変換部(デコード回路)

【図1】



【図2】



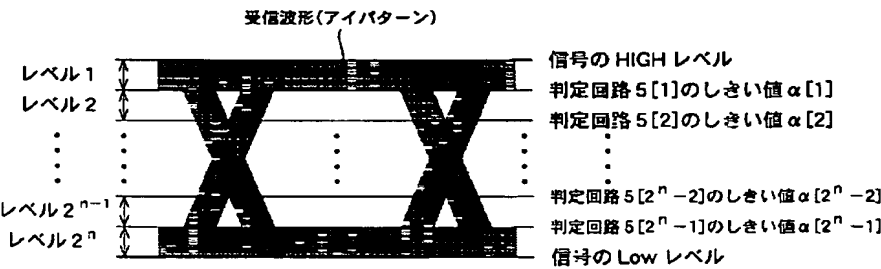
【図7】

受信信号 レベル	判定回路 A/D値出力 (フォーマット変換前)	フォーマット変換部 A/D値出力 (フォーマット変換後)
レベル1	1 1 1	1 1
レベル2	0 1 1	1 0
レベル3	0 0 1	0 1
レベル4	0 0 0	0 0

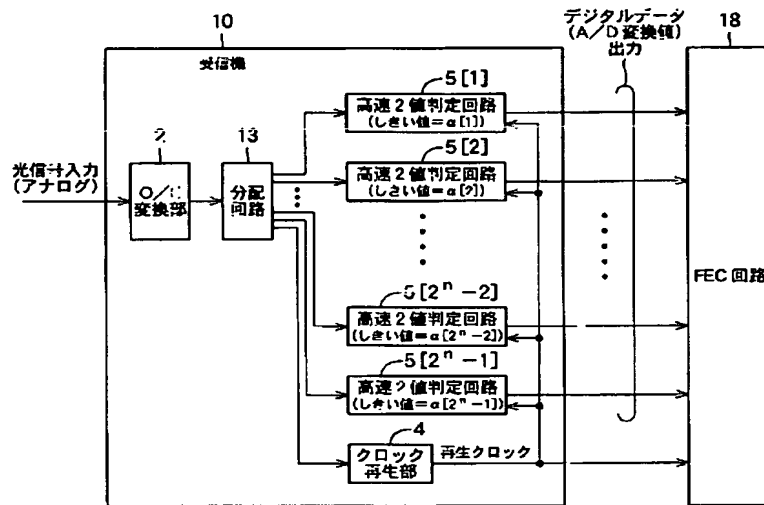
【図3】

受信信号 レベル	第1の 判定回路 5 の出力	第2の 判定回路 6 の出力	第3の 判定回路 7 の出力	光受信機1の デジタル出力 (A/D変換値)
レベル1	1	1	1	1 1 1
レベル2	0	1	1	0 1 1
レベル3	0	0	1	0 0 1
レベル4	0	0	0	0 0 0

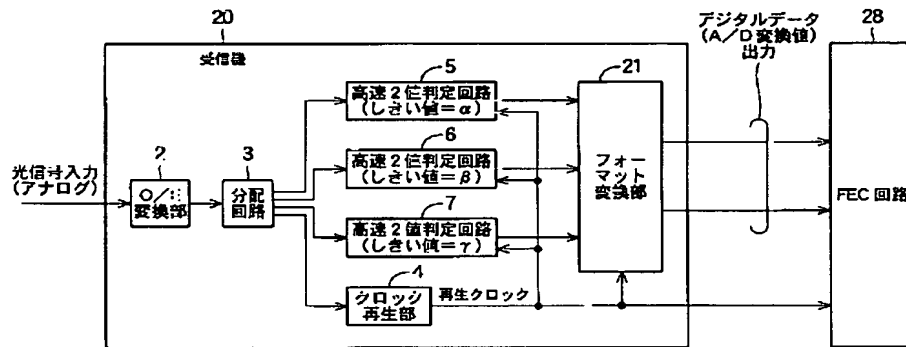
【図5】



【図4】

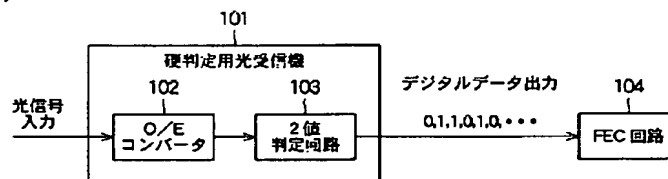


【図6】



【図8】

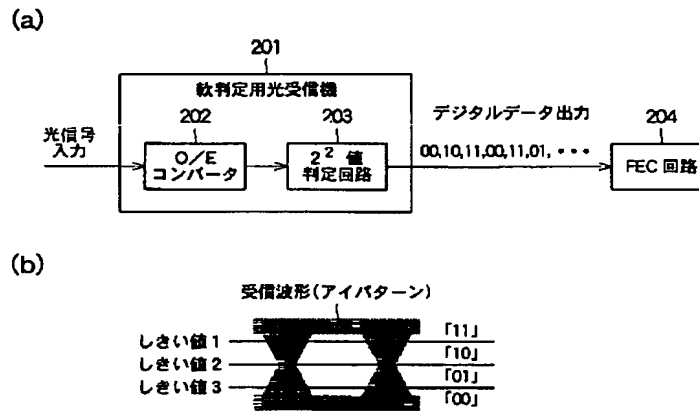
(a)



(b)



【図9】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
H 0 4 B 10/28			
H 0 4 L 1/00			

(72)発明者 原 康	F ターム(参考)	5J065 AC02 AH07 AH13 AH18 AH21
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株		5K002 AA03 DA06
式会社内		5K014 AA01 BA05

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-8989

(43)公開日 平成8年(1996)1月12日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 27/22		9297-5K	H 0 4 L 27/ 22	D
		9297-5K		A

審査請求 有 請求項の数21 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平6-138821
(22)出願日 平成6年(1994)6月21日

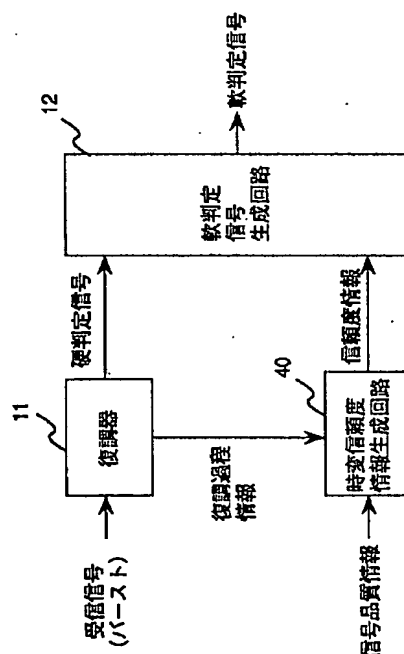
(71)出願人 000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号
(72)発明者 後川 彰久
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 岡ノ上 和廣
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 日置 晃
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 軟判定信号出力形受信機

(57)【要約】

【目的】 バースト伝送では、バーストあるいは複数シンボル時間単位で受信条件が変化する。本発明は、簡易な信頼度情報生成方法を用いながら、受信条件が変化しても正しい信頼度情報を簡単に生成することのできる軟判定信号出力形受信機を提供する。

【構成】 復調器11はバースト信号を復調し、硬判定信号を得る。時変信頼度情報生成回路40は、復調器11より復調過程の情報を得て、前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する。時変信頼度情報生成回路40は、バーストあるいは複数シンボル時間ごとの受信条件を反映する信号品質情報を得て、該信号品質情報に基づいて前記信頼度情報の生成方法、あるいは生成方法で用いる閾値などの諸元を前記バーストあるいは前記複数シンボル時間ごとに変える。軟判定信号生成回路12は、前記硬判定信号と前記信頼度情報とから軟判定信号を生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】バースト信号を復調し、硬判定信号を出力する復調器と、

複数シンボル時間ごとの信号品質情報から前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する回路と、

前記硬判定信号と前記信頼度情報とから軟判定信号を生成する回路と、を有することを特徴とする軟判定信号出力形受信機。

【請求項 2】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とすることを特徴とする請求項 1 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 3】バースト信号を復調し、硬判定信号を出力する復調器と、

該復調器から復調過程情報を得て、前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する回路と、

前記硬判定信号と前記信頼度情報とから軟判定信号を生成する回路とを有する軟判定信号出力形受信機において、

複数シンボル時間ごとの信号品質情報に基づいて、前記信頼度情報の生成方法を前記複数シンボル時間ごとに時変とすることを特徴とする軟判定信号出力形受信機。

【請求項 4】前記信頼度情報の生成方法を、複数個用意し、前記生成方法を前記複数シンボル時間ごとに選択することを特徴とする請求項 3 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 5】複数個で一組となる閾値セットをあらかじめ複数組用意し、前記信号品質情報に基づいて前記複数シンボル時間ごとに用いる前記閾値セットを選択し、選択した該閾値セットと前記復調過程情報を比較することで、前記信頼度情報を得ることを特徴とする請求項 3 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 6】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とすることを特徴とする請求項 3、4、または 5 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 7】バースト信号を復調し、硬判定信号を出力する復調器と、

該復調器から復調過程情報を得て、前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する回路と、

前記信頼度情報を複数シンボル時間ごとの信号品質情報に基づいてそれぞれ修正し、信頼度情報修正値を得る回路と、

前記硬判定信号と前記信頼度情報修正値とから軟判定信号を生成する回路とを有することを特徴とする軟判定信号出力形受信機。

【請求項 8】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とすることを特徴とする請求項 7 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 9】前記復調過程情報を、あらかじめ定める複数個の閾値と比較することで、前記信頼度情報を得ることを特徴とする請求項 7 に記載の軟判定信号出力形受信

機。

【請求項 10】前記復調器は、最尤系列推定等化を行うことを特徴とする、請求項 1、3、または 7 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 11】前記復調器は、最尤系列推定等化を行い、前記復調過程情報は、該最尤系列推定等化で用いる伝送路推定器の誤差信号に基づくものであることを特徴とする請求項 3 または 7 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 12】前記復調器は、最尤系列推定等化を行い、前記復調過程情報は、該最尤系列推定等化における状態間のバーストメトリックの差に基づくものであることを特徴とする請求項 3 または 7 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 13】前記複数シンボル時間ごとの前記信号品質情報が、前記複数シンボル時間内での受信電界強度 (RSSI) の平均値を含むことを特徴とする、請求項 1、3 または 7 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 14】前記複数シンボル時間ごとの前記信号品質情報が、前記複数シンボル時間内での受信電界強度 (RSSI) の最小値を含むことを特徴とする、請求項 1、3、7 または 13 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 15】前記複数シンボル時間ごとの前記信号品質情報が、前記シンボル間での受信電界強度 (RSSI) 変動量の前記複数シンボル時間ごとの平均値を含むことを特徴とする、請求項 1、3、7、13 または 14 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 16】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報が、受信電界強度 (RSSI) のバースト内平均値を含むことを特徴とする請求項 1、3、7、13、14 または 15 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 17】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報が、受信電界強度 (RSSI) のバースト内最小値を含むことを特徴とする請求項 1、3、7、13、14、15 または 16 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 18】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報が、シンボル間での受信電界強度 (RSSI) 変動量のバースト内平均値を含むことを特徴とする請求項 1、3、7、13、14、15、16 または 17 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 19】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報が、バースト内の既知信号部分を復調する際の誤り個数を含むことを特徴とする請求項 1、3、7、13、14、15、16、17 または 18 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 20】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報が、復調器誤差信号の二乗平均値を含むことを特徴とする請求項 1、3、7、13、14、15、15、17、18 または 19 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【請求項 21】前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報が、バースト内の既知信号部分より求めた等化不能な干渉量を含むことを特徴とする請求項 1、3、7、13、14、15、16、17、18、19 または 20 に記載の軟判定信号出力形受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、バースト信号伝送に対する受信において、誤り訂正復号器の誤り訂正能力を向上させる軟判定信号を出力し、高信頼度のデータ伝送を可能にする軟判定信号出力形受信機に関する。

【0002】

【従来の技術】誤り訂正符号を利用する場合、軟判定受信信号を入力とする軟判定復号を行なうことができれば、硬判定復号を行なう場合よりも訂正能力を向上させることが知られている。例えば、白色ガウス雑音下では、8 値軟判定復号は硬判定復号に比べ SN 比でほぼ 2 dB の符号化利得が得られる（例えば、鮫島秀一、“軟判定技術”、電子通信学会誌、vol. 67, 5, p. 564-568, 昭和 59 年）。

【0003】一方、符号間干渉が生じる通信路においてデータ伝送を行なうためには、受信側で通信路上の符号間干渉の影響を除去する等化方式が必要である。特に、最尤系列推定方式（MLSE）は誤り率を最小にするという意味で最適な等化方式として知られている（例えば、ブローキス著、ディジタル コミュニケーションズ（第 2 版）、マグロウヒル、1989）。したがって、等化と誤り訂正復号を同時に使用して高信頼度の通信を行う場合には、それぞれに最適な方式を用いること、すなわち、等化方式として最尤系列推定を、復号法として軟判定復号を採用することが望ましい。

【0004】最尤系列推定器から軟判定出力を得る方式は、最近種々検討されている（例えば、「データ信号受信方式及び装置」（特開平 03-284021 号公報）、「ビタービアルゴリズムを修正する方法及び装置」（特開平 02-288512 号公報）、「信号のヴィタビ分析で得られた 2 進数値の品質係数を発生させる方法」（特開平 04-501945 号公報）、“SOFT DECISION DECODING WITH CHANNEL EQUALIZATION”（WO91/06165）、J. Hagenauer and P. Hoeher, “A Viterbi Algorithm with soft-decision outputs and its applicatio

ns,” Proc. GLOBECOM '89, Dallas, Texas, pp. 1680-1686, Nov. 1989, など）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、移動通信などでバースト伝送を行う場合など、バースト単位あるいは複数シンボル時間単位で受信条件（同一チャネル干渉比、信号対雑音比）が大きく変化する場合がある。受信条件が大きく異なる複数のバースト信号に対し、受信条件の違いを考慮に入れない固定的な方法を用いると、得られる信頼度情報は等価的にバーストごとに異なる基準から生成されることになり、必ずしも真の信頼度を反映しなくなるという欠点があった。また、受信条件の一部の違いに適応する能力のある信頼度情報生成法も提案されているが、処理が複雑になるなどの欠点があった。

【0006】本発明の目的は、簡易な信頼度情報生成方法を用いながら、バーストごとに受信条件が異なっても正しい信頼度情報を簡単に生成することのできる軟判定信号出力形受信機を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】第一の本発明に係る軟判定信号出力形受信機は、バースト信号を復調し、硬判定信号を出力する復調器と、複数シンボル時間ごとの信号品質情報から前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する回路と、前記硬判定信号と前記信頼度情報とから軟判定信号を生成する回路と、を有することを特徴とする。

【0008】さらに、第一の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とすることを特徴とする。

【0009】第二の本発明に係る軟判定信号出力形受信機は、バースト信号を復調し、硬判定信号を出力する復調器と、該復調器から復調過程情報を得て、前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する回路と、前記硬判定信号と前記信頼度情報とから軟判定信号を生成する回路とを有する軟判定信号出力形受信機において、複数シンボル時間ごとの信号品質情報に基づいて、前記信頼度情報の生成方法を前記複数シンボル時間ごとに時変とすることを特徴とする。

【0010】さらに、第二の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、さらに、前記信頼度情報の生成方法を、複数個用意し、前記生成方法を前記複数シンボル時間ごとに選択することを特徴とする。

【0011】さらに、第二の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、複数個で一組となる閾値セットをあらかじめ複数組用意し、前記信号品質情報に基づいて前記複数シンボル時間ごとに用いる前記閾値セットを選択し、選択した該閾値セットと前記復調過程情報を比較することで、前記信頼度情報を得ることを特徴とする。

【0012】さらに、第二の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とすることを特徴とする。

【0013】第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機は、バースト信号を復調し、硬判定信号を出力する復調器と、該復調器から復調過程情報を得て、前記硬判定信号に対する信頼度情報を生成する回路と、前記信頼度情報を複数シンボル時間ごとの信号品質情報に基づいてそれぞれ修正し、信頼度情報修正値を得る回路と、前記硬判定信号と前記信頼度情報修正値とから軟判定信号を生成する回路と、を有することを特徴とする。

【0014】さらに、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とすることを特徴とする。

【0015】さらに、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記復調過程情報を、あらかじめ定める複数の閾値と比較することで、前記信頼度情報を得ることを特徴とする。

【0016】さらに、第一、第二、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記復調器が、最尤系列推定等化を行うことを特徴とする。

【0017】さらに、第二、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記復調器が、最尤系列推定等化を行い、前記復調過程情報は、該最尤系列推定等化で用いる伝送路推定器の誤差信号に基づくものであることを特徴とする。

【0018】さらに、第二、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記復調器が、最尤系列推定等化を行い、前記復調過程情報は、該最尤系列推定等化における状態間のバスメトリックの差に基づくものであることを特徴とする。

【0019】さらに、第一、第二、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記複数シンボル時間ごとの前記信号品質情報を、前記複数シンボル時間内での受信電界強度(RSSI)の平均値、RSSIの最小値、シンボル間でのRSSI変動量の前記複数シンボル時間ごとの平均値、のいずれか、あるいはその組み合わせとすることを特徴とする。

【0020】さらに、第一、第二、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記複数シンボル時間を一バースト長の時間とし、バースト時間ごとの前記信号品質情報を、RSSIのバースト内平均値、RSSIのバースト内最小値、シンボル間でのRSSI変動量のバースト内平均値、バースト内の既知信号部分を復調する際の誤り個数、復調器誤差信号の二乗平均値、バースト内の既知信号部分より求めた等化不能な干渉量、のいずれか、あるいはその組み合わせで与えることを特徴とする。

【0021】さらに、第一、第二、第三の本発明に係る軟判定信号出力形受信機に関し、前記複数シンボル時間

ごとの前記信号品質情報を、前記複数シンボル時間内でのRSSIの平均値、RSSIの最小値、シンボル間でのRSSI変動量の前記複数シンボル時間内での平均値、のいずれか、あるいはその組み合わせと、バースト内の既知信号部分を復調する際の誤り個数、バースト内の既知信号部分を復調する際の復調器誤差信号の二乗平均値、バースト内の既知信号部分より求めた等化不能な干渉量、のいずれか、あるいはその組み合わせと、により与えることを特徴とする。

【0022】

【作用】高速バースト伝送を考慮すると、受信条件はバースト単位あるいは複数シンボル時間単位で変化する。このとき、バースト単位あるいは複数シンボル時間単位の信頼度情報によりシンボル単位の信頼度情報生成手法を適応的に変化させる、または、別途求められたシンボル単位の信頼度情報をバースト単位あるいは複数シンボル時間単位の信頼度情報により修正すれば、簡単な処理で受信条件の変化を信頼度情報生成に反映させることが可能になる。

【0023】

【実施例】以下、2値変調を例にとり、図面を用いて本発明を説明するが、本発明は多値変調の場合にも適用できる。

【0024】本発明の軟判定信号出力形受信機は、図3に示すように、デインタリーバ220、軟判定復号器230とともに用いられることでその効果を発揮する。これに対応するため、送信側では、データ系列は誤り訂正符号化され、インタリーブが施された後、変調されて送信されている。移動通信などでは、信号はバースト伝送される場合が多い。例えば、図4に示すTDMAバースト伝送では、各ユーザにはスロットと呼ばれる連続した時間単位が割り当てられ、自分のスロットの時間に信号伝送が行われる(この例では1バースト長は1スロット長となる)。

【0025】さて、移動通信などでは、図5の例に示されるように、フェージングによる信号レベルは1バースト内ではさほど大きく変化せず、信号の落ち込みは特定のスロットに集中するという場合がある。この現象は、フェージング周波数に比べ高速のバースト伝送を行うときに観測されるが、このとき、同一チャネル干渉比、信号対雑音比などで示される受信条件は、バーストを単位に変化している。軟判定信号は、硬判定信号と硬判定信号の信頼度とから生成されるが、この信頼度は信号の受信条件に大きく依存する。したがって、高速バースト伝送においては、信頼度は、同一バースト内の各シンボル間では大きな差がつかず、むしろバーストを単位に大きな差をもつことになる。さらに、インタリーブが併用されている場合、インタリーバ120により伝送路上で異なるバーストに一度分散された信号が、デインタリーバ220で再び時間軸上で連続するように集められるの

で、図3の軟判定復号器230の入力では、バーストごとの判定信号の信頼度の差が軟判定復号特性にますます大きな影響を及ぼすようになる。

【0026】以上をまとめると、インタリーブを用いた高速バースト伝送では、軟判定信号を生成する際の硬判定信号の信頼度を、バーストごとの受信信号品質で決定し、同一バースト内においては同一の信頼度を用いるようにすれば、最も簡単な方法でバースト間で大きく異なる受信条件を考慮した軟判定信号生成が可能となる。第一の本発明は、この考え方に基づいて提案されたものである。

【0027】図1は、第一の本発明である軟判定信号出力形受信機の基本構成を示した図である。バースト受信信号は復調器11に輸入され、2値(ここでは“0”、

“1”とする)の硬判定信号系列が得られる。一方、受信バーストの受信条件を反映した信号品質情報が別途求められ、それが信頼度情報生成回路13で信頼度情報に変換される。例えば4値の信頼度情報を生成する場合、信頼度情報生成回路13の動作としては、図11に示すように3個の閾値 $\{T_L, T_M, T_H\}$ のセットを用意し、信号品質情報の値とそれらの閾値との大小関係により、“0”、“1”、“2”、“3”(ここでは、値が大きいほど信頼度は大とする)の4値の信頼度情報に変換するという簡易な処理がある。この例では、信頼度情報は4値として説明したが、一般には、必要に応じてより多くのレベルを持つ多値信号(M値とする)となる。軟判定信号生成回路13は、各硬判定信号とこの信頼度情報とからそれぞれ2M値の軟判定信号を生成する。例えば、硬判定信号が“0”、“1”の2値、信頼度情報が“0”～“3”の4値としたときは、以下のような変換により、“0”～“7”までの8値をとる軟判定信号に変換される。

【0028】・変換例1：硬判定信号の値に関わらず、
(軟判定信号) = (硬判定信号) × 4 + (信頼度情報) *

$$\sum_{k=L+1}^M |h_k|^2 / \sum_{k=0}^M |h_k|^2 \quad (1)$$

【0031】ここで、伝送路応答を h_k ($k=0, M$)とし、 h_0 を希望波の応答、 h_k ($k=1, L$)を等化範囲の伝送路応答、 h_k ($k=L+1, M$)を等化不能範囲の伝送路応答としている。

【0032】信号品質情報は上で述べたいずれか単独の情報で表現してもよいが、RSSI平均値と残留干渉電力量との組み合わせなど、複数の情報の組み合わせで表現してもよい。

【0033】以上では、受信条件を反映した信号品質情報を求める時間単位を一バースト長(1スロット長)としたため、信頼度情報は同一バースト内では全て同じ値をとることになる。しかしながら、バースト伝送の速度がより低速になれば、バースト内でも受信条件に違いを生じるようになる。バースト長より短い複数シンボル時

*・変換例2：硬判定信号の値が“1”のとき、
(軟判定信号) = (硬判定信号) × 4 + (信頼度情報)
硬判定信号の値が“0”のとき、

(軟判定信号) = (硬判定信号) × 4 + (3 - (信頼度情報))

いずれにせよ、8値の軟判定信号を3ビットで表現したとき、最上位ビット(MSB)が硬判定信号の値を、その他のビットが信頼度情報に基づいて形成される。以上のようにして求めた軟判定信号は、その信頼度情報がバーストごとの信号品質情報に基づいて生成されているので、バーストごとの受信条件の違いを反映したものになっている。

【0029】信頼度情報生成に関わる信号品質情報の例としては、図2に示すような情報を利用することが出来る。図2(a)のタイプは、受信電界強度(RSSI)に基づいて信号品質情報を規定するもので、バースト内のRSSI平均値、バースト内のRSSI最小値、シンボル間RSSI変動量の平均値などの例が考えられる。

(b)のタイプは、復調結果の誤り率に基づいて信号品質情報を規定するもので、バースト中のトレーニング信号部分を復調したときの誤りの数などがある。(c)のタイプは、復調器11の復調過程の情報に基づいて信号品質情報を規定するもので、残留干渉電力量、あるいは復調器11の判定誤差信号の二乗平均値などがある。ここで、残留干渉電力量とは、復調器11で等化不能な符号間干渉に関する伝送路応答の電力のことで、この場合の復調器11としては、最尤系列推定器(MLSE)など等化能力を有するものを利用することを想定している。具体的には、残留干渉電力量としては伝送路応答全体の電力で正規化された値を用い、図6に示すようなインパルス応答をもつ伝送路の場合、次のように計算される。

【0030】

【数1】

間を1ブロックとし、1バーストを複数のブロックに分割し、このブロック単位で信号品質情報を求め、ブロック単位で信頼度情報を生成するようにしてもよい。

【0034】第2の本発明に係る軟判定信号出力形受信機は、信号品質情報に基づき、信頼度情報の生成方法自身を変えることにより、バーストあるいはブロックごとの受信条件の違いを反映した信頼度情報を生成するものである。第2の本発明の軟判定信号出力形受信機の基本構成を図7に、従来の軟判定出力形受信機の構成を図8に示す。

【0035】復調器11はバースト信号を復調し、硬判定信号を得る。時変信頼度情報生成回路40は、復調器11より復調過程の情報を得て、硬判定信号に対する信頼度情報を生成する。復調過程情報としては、判定誤差

信号などを用いればよい。時変信頼度情報生成回路 4 0 は、バーストあるいはブロック時間ごとの信号品質情報を得て、該信号品質情報に基づいて信頼度情報の生成方法をバーストあるいはブロック時間ごとに変える。軟判定信号生成回路 1 2 は、硬判定信号と信頼度情報とから軟判定信号を生成する。

【0036】符号間干渉がある伝送路を通してバースト伝送を行う場合は、復調器 1 1 としては、最尤系列推定器 (MLSE) など等化能力を有するものを利用する。このとき、復調過程情報としては、例えば、伝送路推定器の誤差信号、状態間の生残りバスのバスメトリック値の差などを用いることが出来る。

【0037】また、信号品質情報としては、第 1 の本発明の実施例と同様の諸情報、あるいはその組み合わせを用いることが出来る。

【0038】信頼度情報の生成方法をバーストあるいはブロック時間ごとの信号品質情報に基づき時変とする方法としては、例えば次の方法がある。

・あらかじめ信頼度情報生成方法を複数個用意しておき、信号品質情報に基づいて、そのときの受信条件に適した生成方法を選択する (図 9)

また、信頼度情報生成方法は、例えば、複数の閾値と比較することで復調過程情報を信頼度情報に変換するという簡易な方法に固定しておき、そこで用いる閾値を時間的に変化させることで等価的に生成方法を時変にするようにしてもよい。これには、図 1 1 に示すように、

・閾値をあらかじめ複数通り用意しておき、信号品質情報に基づいて、そのときの受信条件に適したパラメータセットを選択する (図 10 a)) 。

・信号品質情報に基づいて、受信条件に適したパラメータをその都度計算して求める (図 10 b)) 。

などの方法がある。

【0039】第 3 の本発明に係る軟判定信号出力形受信機は、一度得られた信頼度情報を信号品質情報に基づきバーストあるいはブロック単位に修正することで、バーストあるいはブロックごとの受信条件の違いを反映した信頼度情報を生成するものである。第 3 の本発明の軟判定信号出力形受信機の実施例を図 1 2 に示す。

【0040】図 1 2 a) では、復調器 1 1 はバースト信号を復調し、硬判定信号を得る。信頼度情報生成回路 5 0 は、復調器 1 1 より復調過程の情報を得て、硬判定信号に対する信頼度情報を生成する。信頼度情報修正回路 5 1 は、バーストあるいはブロック時間ごとの信号品質情報を得て、該信号品質情報に基づいて、入力された信頼度情報を修正する。修正処理は、該バーストあるいは該ブロック時間内の信頼度情報に対しては共通に実施される。軟判定信号生成回路 1 2 は、硬判定信号と得られた信頼度情報修正値とから軟判定信号を生成する。

【0041】符号間干渉がある伝送路を通してバースト伝送を行う場合は、復調器 1 1 としては、最尤系列推定

器 (MLSE) など等化能力を有するものを利用する。このとき、復調過程情報としては、例えば、伝送路推定器の誤差信号、状態間の生残りバスのバスメトリック値の差などを用いることが出来る。

【0042】また、信号品質情報としては、第 1 の本発明の実施例と同様の諸情報、あるいはその組み合わせを用いることが出来る。

【0043】信頼度情報修正回路 5 1 は、例えば図 1 3 のような構成が考えられる。図 1 3 a) では、バーストあるいはブロック時間ごとの信号品質が良好と判断された時は、該バーストあるいは該ブロック時間内に入力された信頼度情報をそのまま出力し、該信号品質が悪悪と判断された時は入力された信頼度情報を全て一定値 (例えば最低値の "0") に変換して出力される。または、図 1 3 b) のように、入力される信頼度情報から有る値を減じて信頼度情報修正値 (ただし、修正値の最低値は "0" に設定する) を得ることとし、その減じる値は該バーストあるいは該ブロック時間内では同一で、それを信号品質情報に基づいて決定するようにしてもよい。

【0044】また、第 3 の本発明の軟判定信号出力形受信機の実施例として、図 1 2 b) のように、硬判定信号と信頼度情報とから軟判定信号を一度、生成した上で、信号品質情報によりこの軟判定信号を修正する形で等価的に信頼度情報を修正してもよい。

【0045】以上、第 1 から第 3 の本発明の軟判定信号出力形受信機を実施例を用いて説明したが、上で述べた各処理は、デジタル信号プロセッサ (DSP) を用いてソフトウェアにより実施してもよい。

【0046】

【発明の効果】本発明により、バースト伝送を行う伝送方式において、バースト単位あるいは複数シンボル時間単位で変化する受信条件を反映した、より高品質の軟判定信号出力が受信機から得られる。この軟判定信号が誤り訂正復号器に供給され、軟判定誤り訂正が実行されることで、高信頼度のデータ伝送が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の本発明の軟判定信号出力形受信機の基本構成を示す図

【図 2】信号品質情報の生成方法の例を示す図

【図 3】軟判定信号出力形受信機を利用した誤り訂正方式を示す図

【図 4】バースト信号フォーマットの例を示す図

【図 5】高速バースト伝送時の受信電界強度の時間変化の例を示す図

【図 6】伝送路応答の例を示す図

【図 7】第 2 の本発明の軟判定信号出力形受信機の基本構成を示す図

【図 8】従来の軟判定出力形受信機を示す図

【図 9】第 2 の本発明の実施例を示す図

【図 10】第 2 の本発明の別の実施例を示す図

11

12

【図 1 1】信頼度情報生成法の例を説明するための図

【図 1 2】第 3 の本発明の実施例を示す図

【図 1 3】信頼度情報修正回路の実施例を示す図

【符号の説明】

1 1 復調器

1 2 軟判定信号生成回路

1 3 信頼度情報生成回路

4 0 時変信頼度情報生成回路

4 1 信頼度情報生成回路

4 2、4 4 制御回路

4 3 しきい値セット記憶

4 5 比較器

* 4 6 しきい値計算回路

5 0 信頼度情報生成回路

5 1 信頼度情報修正回路

5 2 軟判定信号修正回路

5 3 制御回路

5 4 オフセット値生成回路

1 1 0 誤り訂正符号器

1 2 0 インタリーバ

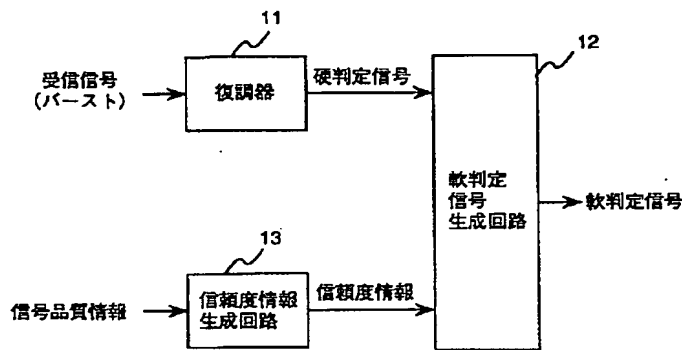
1 3 0 送信機

10 2 1 0 軟判定信号出力形受信機

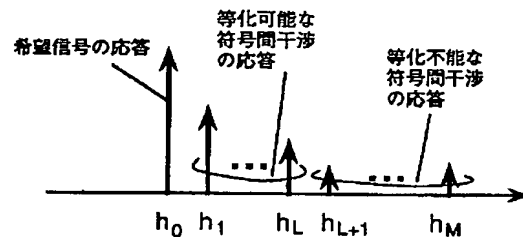
2 2 0 デインタリーバ

* 2 3 0 軟判定復号器

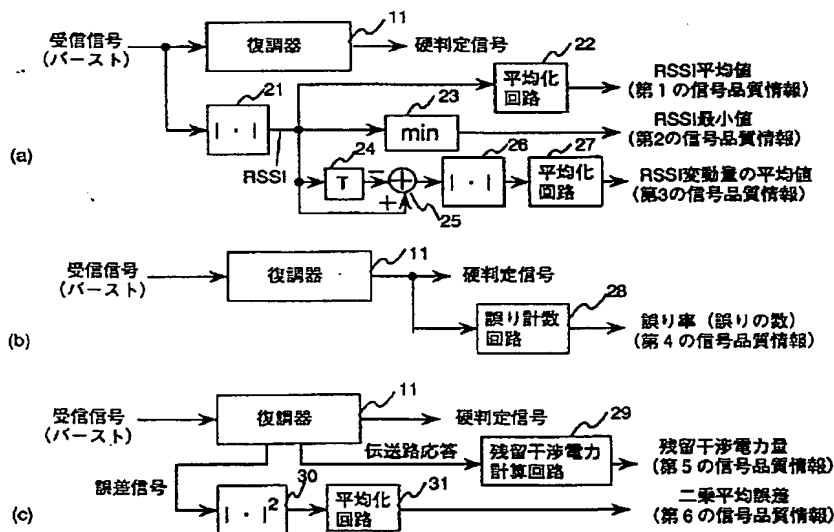
【図 1】



【図 6】

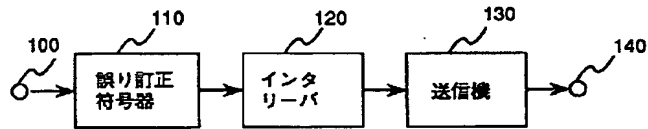


【図 2】

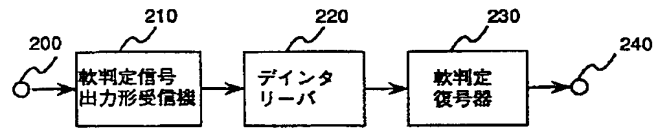


【図 3】

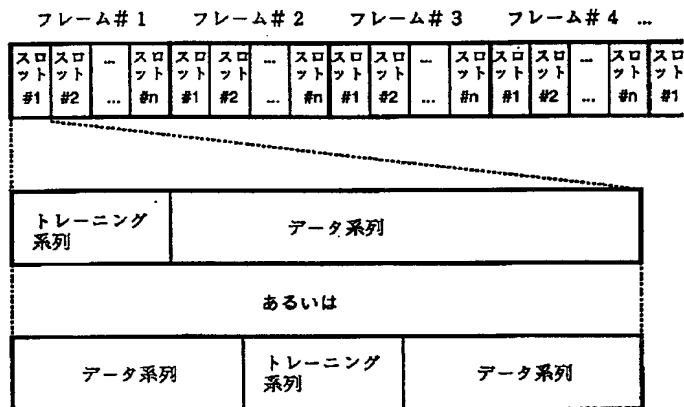
(送信側)



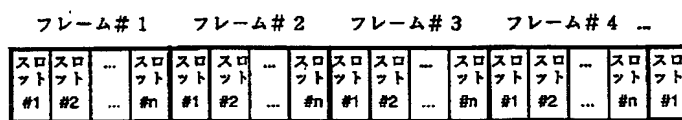
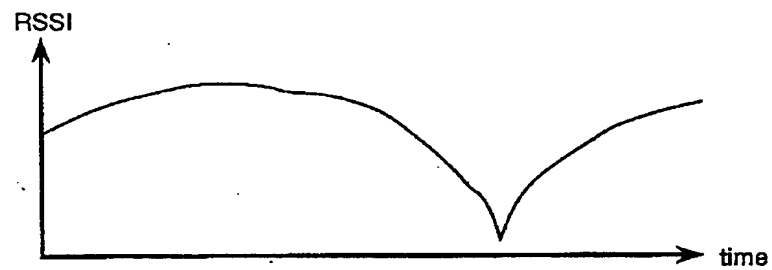
(受信側)



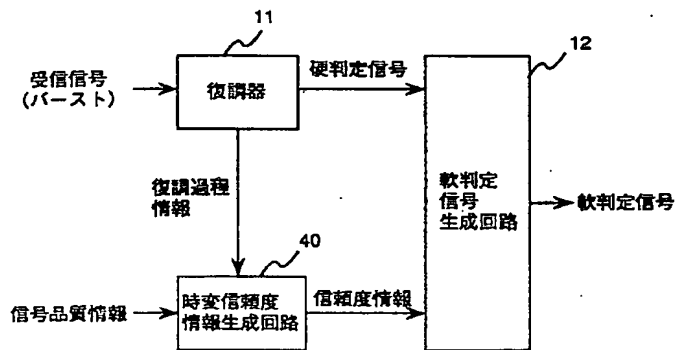
【図 4】



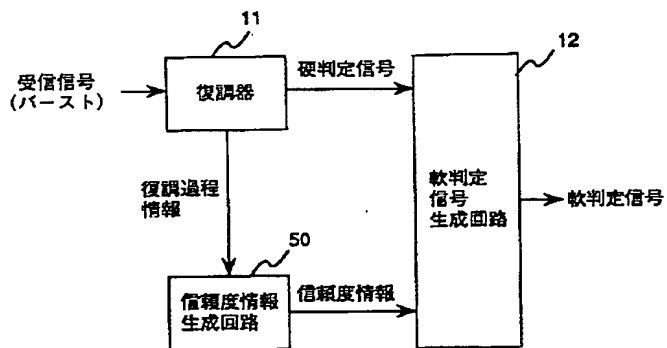
【図 5】



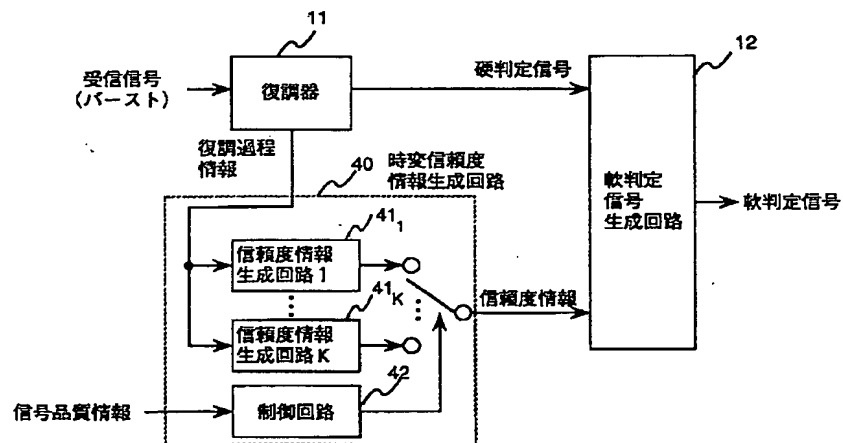
【図 7】



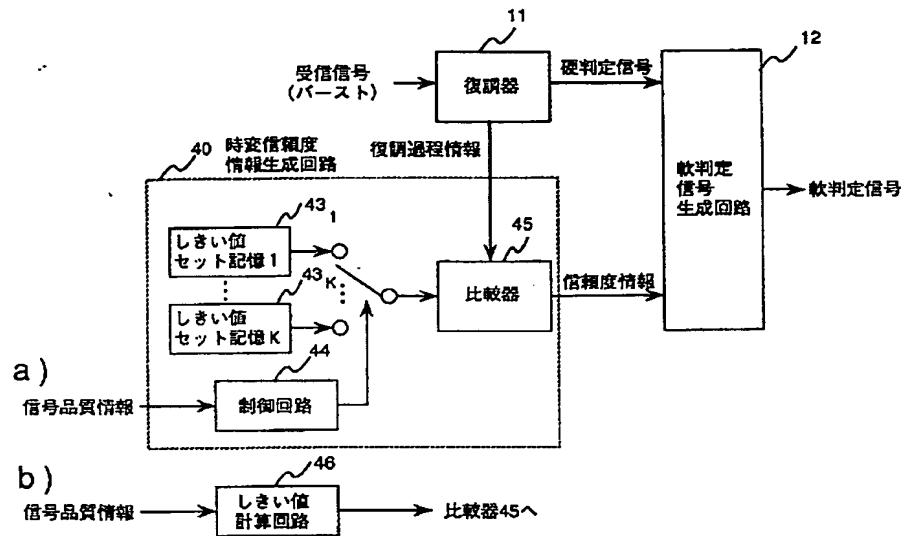
【図 8】



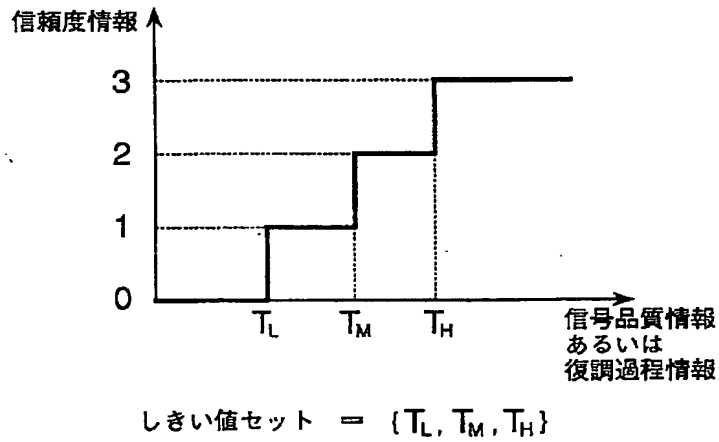
【図 9】



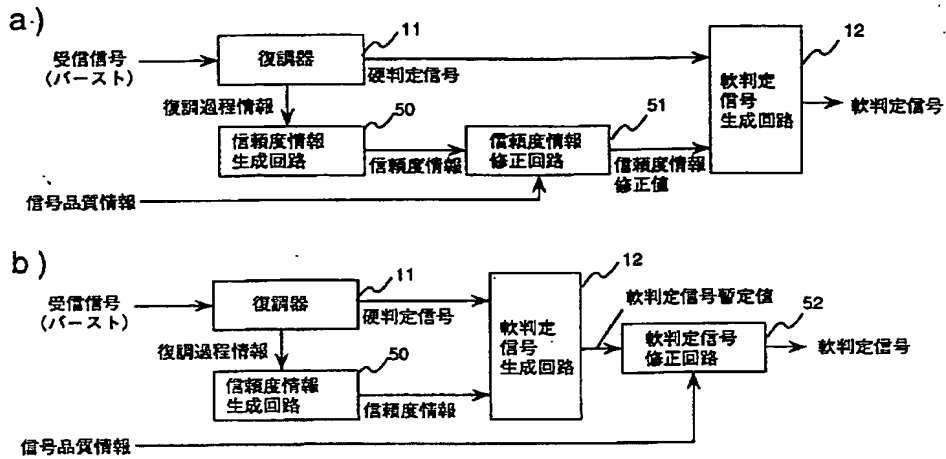
【図 10】



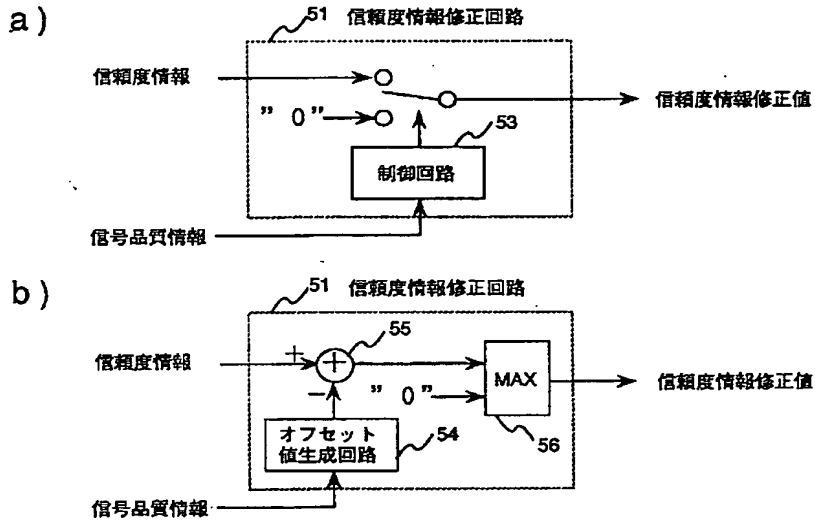
【図 11】



【図 12】



【図 13】



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002330104 A

(43) Date of publication of application: 15.11.02

(51) Int. Cl.

H04B 10/02

H04B 10/00

H04B 10/18

H04L 1/00

(21) Application number: 2001133489

(22) Date of filing: 27.04.01

(71) Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(72) Inventor: KUBO KAZUO
KAMIMURA ARITOMO

(54) RECEIVER

parallel receiving signals.

(57) Abstract

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To compensate quality degradation of an optical transmitting signal, and to provide a high quality transmission service, dispensing with the increase of transmitting velocity.

SOLUTION: A photoelectric conversion section 11 converts an optical receiving signal input via a transmission line into a first electrical receiving signal and a second electrical receiving signal. A multilevel discrimination section 12 discriminates between a plurality of discrimination levels of the first electrical receiving signal, to generate multi-value discrimination signals. A series parallel conversion circuit 13 converts the multi-value discrimination signals into multi-value parallel signals. An optical receiving quality determination section 14 generates reliability information expressing the quality of the optical receiving signal from the second electrical receiving signal. An error-correction decrypting circuit 15 corrects errors caused by the multi-value parallel signals by referring to the reliability information, and outputs the error-corrected

